

スマート保安技術カタログ

資料-1.1

管理番号	要素 2022 00003-01		
技術区分	IoT センサ		
保安技術名称	高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置による絶縁劣化の予兆検知技術		
技術バージョン	Ver1		
登録区分・年月日	登録区分:基礎要素技術		登録年月日:2022 年 11 月 7 日
修正履歴	Ver	年 月 日	Ver
	Ver	年 月 日	Ver
対象設備	需要設備、発電所		
活用シーン	高圧地中引込受電点に当該開閉器を設置し、検出センサは零相変流器や零相変圧器等を活用（新規センサ不要によりコスト削減）して、引込設備から受電設備機器までの広範囲を常時監視し、地絡遮断電流よりも小さい地絡電流で絶縁劣化を早期に検出して警報を発することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスが可能となり、高圧地絡停電事故の未然防止が図られる。		

1. 技術内容（特徴、仕様、性能など）

(1) 技術の概要

絶縁監視機能搭載地中線用 GR 付高圧交流負荷開閉器（UGS/UAS）に内蔵されている零相変流器や零相変圧器等を活用して、地絡動作値より低い設定値の絶縁低下或いは放電性の微地絡を検出して警報を発する装置である。

注) 微地絡とは、零相電圧(V_0)や零相電流(I_0)が地絡動作設定値に至らないレベルの地絡や継続時間が短く地絡動作に至らない地絡と定義する。

(2) 想定している電気保安の活用例

高圧地絡停電事故の多くは、設備機器の経年劣化や雨水浸入などによる絶縁低下に起因しての地絡事故が原因となっている。

そのため、引込口開閉器において、地絡遮断電流（数百 mA）よりも小さい地絡電流（数 mA）を前兆現象として検出することで、地絡事故の発生前に設備点検やメンテナンスを実施し、高圧地絡停電事故の未然防止を図る。

(3) 装置の特徴(機能)

ア UGS/UAS 内部の ZCT 以降、高圧引込ケーブル、キュービクル内の高圧機器（遮断器・開閉器類、変圧器、コンデンサなど）の高圧側の全域が検出範囲となる。

イ SOG 装置に絶縁監視機能を搭載し、絶縁状態を常時監視することで、絶縁に関するトラブルに繋がる恐れが高い絶縁抵抗の低下（閾値管理）と放電性の微地絡（閾値管理）を検出・発報する機能を有する。

ウ 微小な零相電流 I_0 を検出・判定するので負荷電流や静電容量等による影響を除くため、下記の補正処理（ノイズの除去）を行う。

- ① ZCT 出力に対して FFT 処理を適用し、絶縁低下によらない周波数成分を除去する。
- ② CT 出力および UGS/UAS 製造段階で取得した開閉器のセンサ特性記憶を用いて、負荷電流に起因する ZCT 出力の誤差成分を除去する。
- ③ 現地の系統条件に起因する対地静電容量等による零相電流値を残留分誤差として除去する。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

- エ 制御装置表示部の警告表示点灯状態により「微地絡（放電性の絶縁低下）、警戒（長期的に進行する絶縁低下、 $3M\Omega$ 相当）、特別警戒（長期的に進行する絶縁低下、 $1M\Omega$ 相当）」の警報種類及び点灯か点滅の内容の組み合わせにより、現地で過去の履歴と現時点の絶縁状況の把握が可能である。
- オ 一定の時間間隔(60 秒)で取得した計測情報や絶縁低下検出の結果を記録し、90 日間保持可能である。(古いデータから上書きサイクル)
- カ 絶縁監視の検出状況（警報）は、無線通信を活用して専用サーバへの伝送やスマートフォンなどへのショートメッセージ(SMS)で通知可能である。(サービス機能)
- キ 絶縁監視の検出状況（計測情報）データを表示部の保守通信端子からパソコンに直接取得可能(有線通信)であり、ユーザー自身で検出前後等のデータ分析ができる。(サービス機能)

(4) 検出範囲

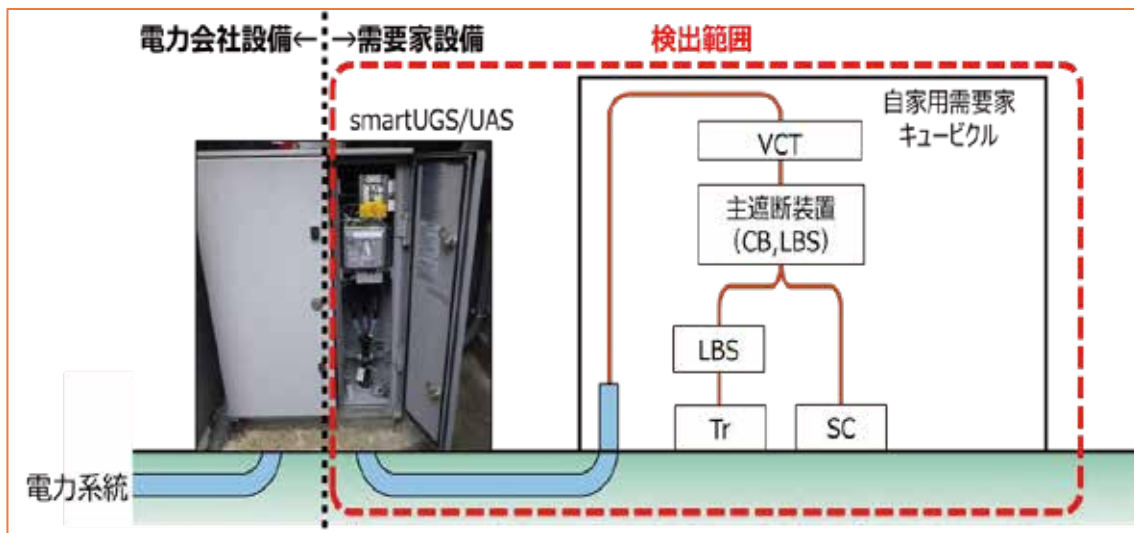


図1 絶縁監視可能な高圧設備の範囲

図1に示すとおり、UGS/UAS電源側のZCT以降の全ての高圧機器の絶縁状態の管理が可能(検出範囲)となる。また、開閉器に内蔵された継電器用センサの併用により、新規センサを設置することなく低コストで絶縁状態の常時監視(閾値管理)が出来るため、採用が容易でコストパフォーマンスも高い。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

(5) 保護原理(概念)

SOG 制御装置は、高圧電路に設置されている地絡検出装置で零相電圧 V_0 及び零相電流 I_0 を検出し、進み 135 度～遅れ 45 度の範囲の場合需要家側と判断し、構内外の事故の発生側を判定できる。(図 2)

図 3 に絶縁状況検出の領域を示す。橙色枠が従来の SOG 制御装置の検出範囲であり、地絡事故として開閉器を開放する。黄色枠が「放電性の微地絡」、青色枠が「長期的に進行する絶縁低下」の検出範囲であり、本技術では従来の検出範囲より微小な零相電流 I_0 及び動作時間の領域で微地絡及び絶縁低下を区分して検出する事による絶縁状態の常時監視が可能となっている。

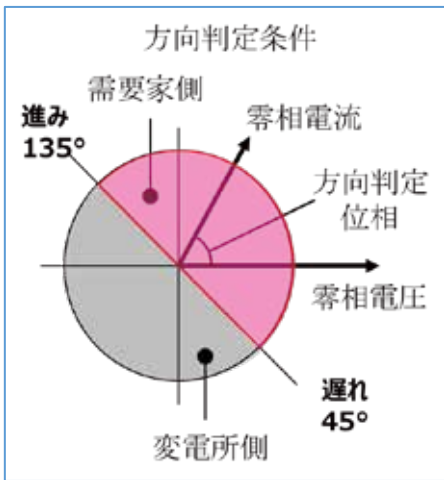


図 2 方向性判定条件

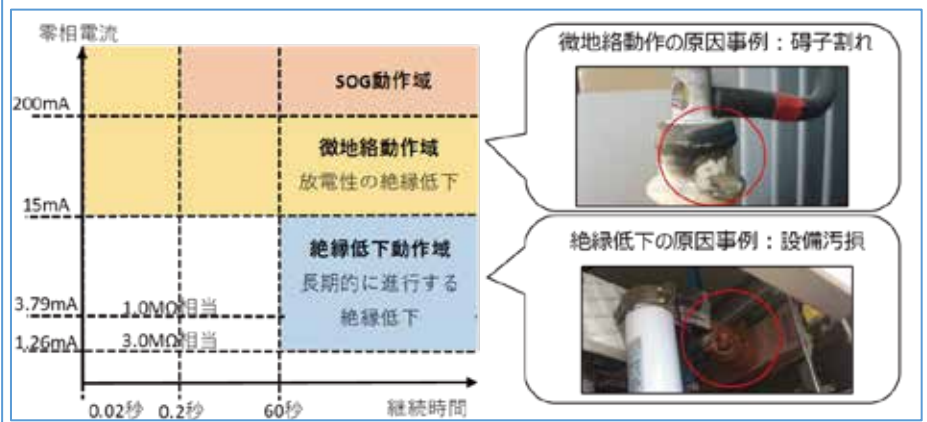


図 3 絶縁状況検出領域

表 1 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧を示す。SOG 動作、微地絡動作、絶縁低下の検出対象に対して、個別に動作電流、動作時間を設定することが可能となっている。

表 1 高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の設定項目一覧表

絶縁検出	動作電流 [mA]	動作時間
SOG動作	200-400-600-800-1000 5段切替	0.2-0.4-0.6 [s]3段切替
微地絡動作	15 (実効値)	0.02~1.2[s]
絶縁低下	1.26(警戒閾値 絶縁抵抗値3MΩ相当 : 実効値) 3.79(特別警戒閾値 絶縁抵抗値1MΩ相当 : 実効値)	1~60[m]

管理番号

要素 2022 00003-01

(6) 制御装置の表示部の説明

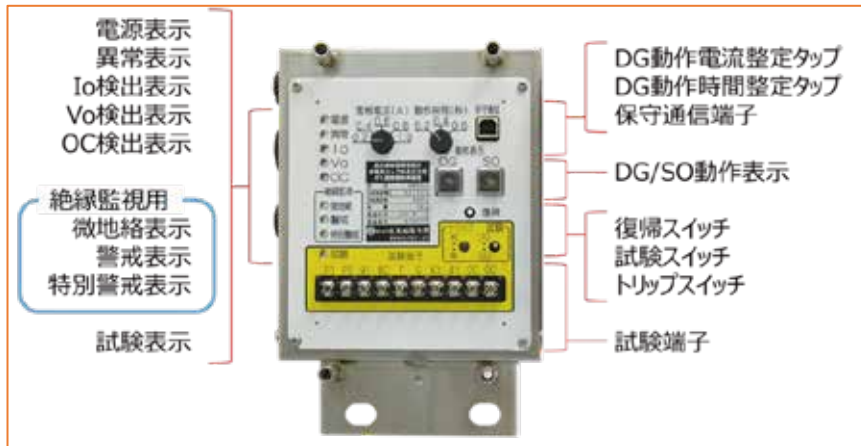


図 4 制御装置表示パネルの配置

図 4 に高圧絶縁監視機能搭載 SOG 制御装置の表示パネルの配置を示す。
表 2 に絶縁監視用表示器の機能概要、表 3 に絶縁監視機能の定格を示す。

表 2 絶縁監視用表示器の機能概要

絶縁監視用表示器の機能概要	
名称	機能概要
微地絡表示	点灯状態により微地絡（放電性の絶縁低下）検出状態を表示する。
警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、3MΩ相当）検出状態を表示する。
特別警戒表示	点灯状態により警戒（長期的に進行する絶縁低下、1MΩ相当）検出状態を表示する。

表 3 絶縁監視機能の定格

絶縁監視機能の定格	
名称	定格
微地絡検出閾値	15mA
絶縁低下検出 警戒閾値	1.26mA(絶縁抵抗値3MΩ相当)
絶縁低下検出 特別警戒閾値	3.79mA(絶縁抵抗値1MΩ相当)
絶縁低下検出位相範囲	進み135° ~ (0°) ~ 遅れ45°
計測ログ記録間隔	60秒毎
計測ログ記録件数	129600件(90日分)

※ 微地絡検出には方向判定機能は搭載されていない。

管理番号 要素 2022 00003-01

2. 模擬地絡試験による検証

(1) 絶縁低下検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図5に示す試験装置を設定し、長期的に進行する絶縁低下の検出状況を確認・評価した。

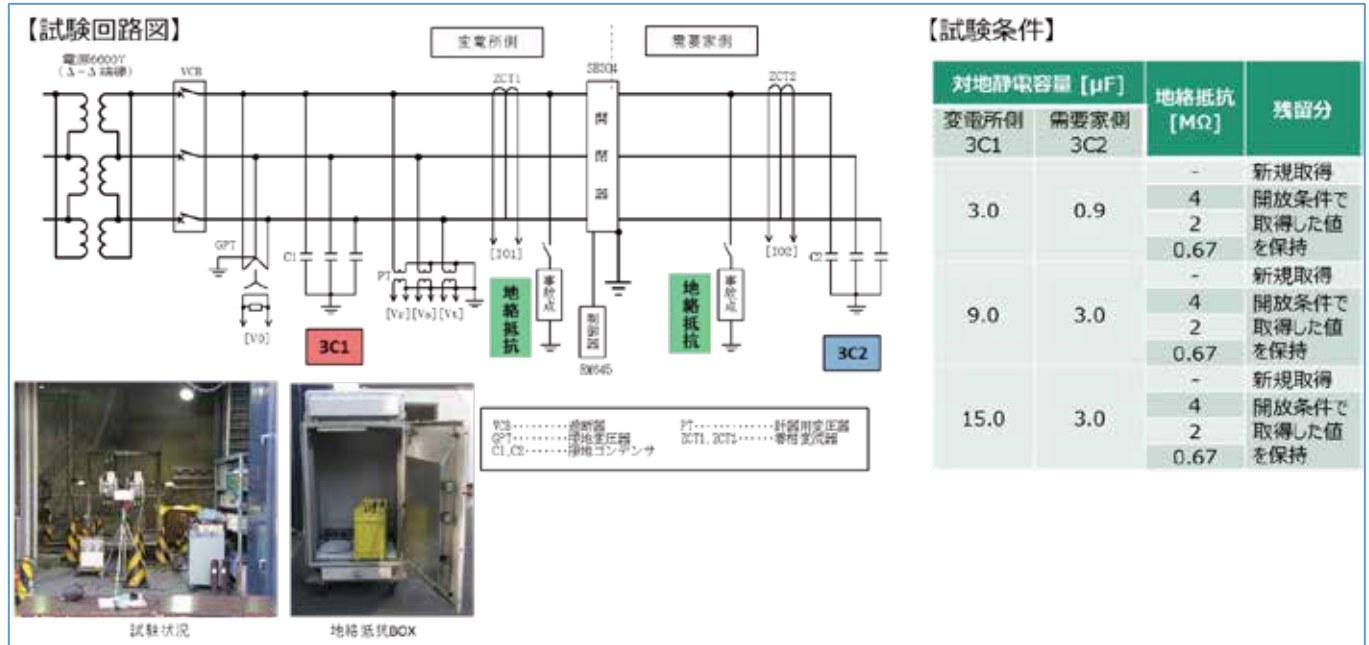


図5 絶縁低下検出試験回路および試験条件

表4 絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件		理論値			試験結果			判定	
方向	地絡抵抗 [MΩ]	ΔI_o [mA]	ΔV_o [V]	警報	ΔI_o [mA]	ΔV_o [V]	方向判定	警報	判定良否
-	-	0	0	-	0.16	0.07	変電所側	-	良
変電所側	4	0.22	0.78	無	0.25	0.76	変電所側	無	良
変電所側	2	0.44	1.56	無	0.49	1.74	変電所側	無	良
変電所側	0.67	1.31	4.64	無	1.55	4.84	変電所側	無	良
需要家側	4	0.73	0.78	無	1.09	0.810	需要家側	無	良
需要家側	2	1.47	1.56	警戒	2.01	1.71	需要家側	警戒	良
需要家側	0.67	4.40	4.67	特警	5.16	4.48	需要家側	特警	良

- 変電所側 3C1 : 3.0 μ F と 需要家側 3C2 : 0.9 μ F での試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表4に示す。
変電所側と需要家側に模擬接地抵抗を接続して地絡試験を実施した結果、理論値に近い電圧・電流値による検出確認により、微地絡または絶縁低下の検出機能が正しく作動したことが検証された。
- 変電所側 3C1 : 9.0 μ F と 需要家側 3C2 : 3 μ F および変電所側 3C1 : 15 μ F と 需要家側 3C2 : 3 μ F での試験回路構成における試験結果も同様に良好であった。

管理番号 要素 2022 00003-01

(2) 微地絡検出機能の試験

変電所側の対地静電容量を考慮した実環境に近い模擬試験構成として、図 6 に示す試験装置を設定し、部分放電等による微地絡の検出状況を確認・評価した。

なお、放電現象は針金を接地極に瞬間的に近接させることで模擬した。

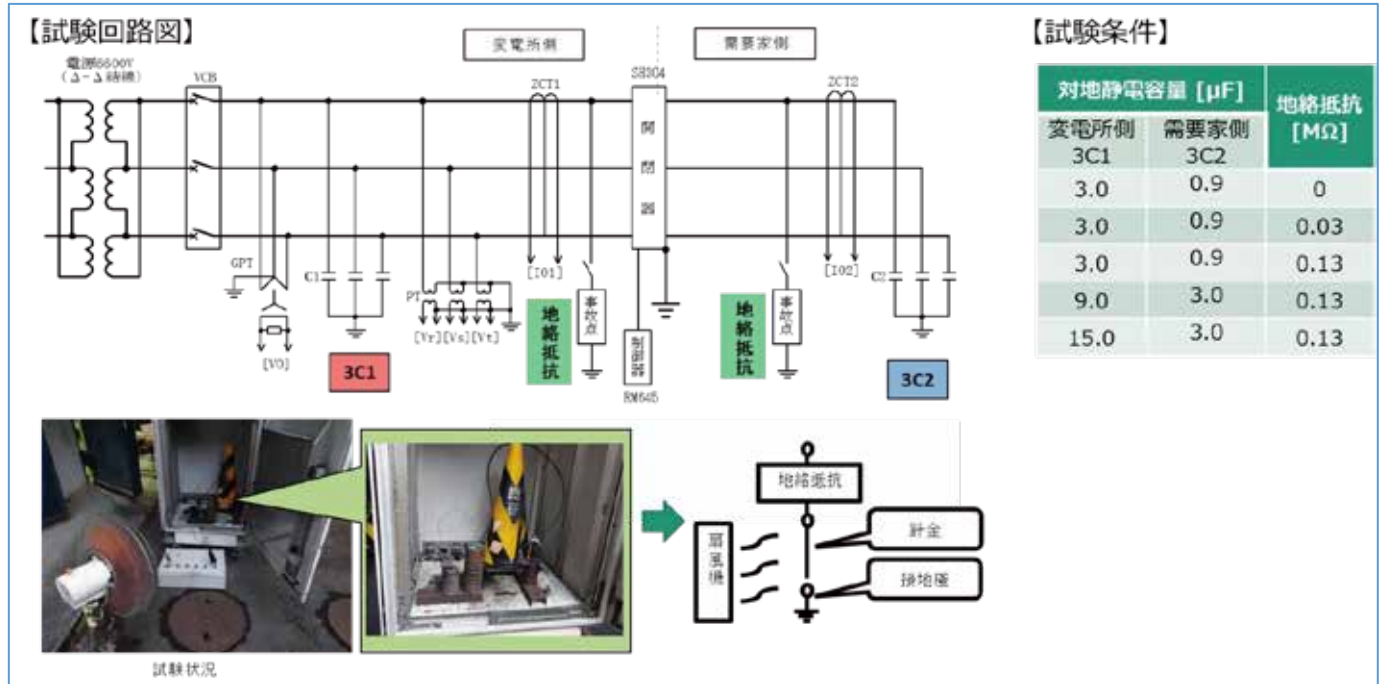


図 6 微地絡検出試験回路および試験条件

表 5 絶縁低下検出試験の試験結果

試験条件		理論値 Io [mA]	試験結果 検出Io[mA]		判定 判定良否
変電所側 3C1	需要家側 3C2		最小	最大	
3.0	0.9	97.68	89.3	100.2	有 良
3.0	0.9	22.59	20.4	25.9	有 良
9.0	3.0	21.99	19.6	23.1	有 良
15.0	3.0	24.43	20.8	25.6	有 良

- ① 変電所側 3C1 を 3.0、9.0、15.0μ に設定した場合に需要家側 3C2 : 0.9、3.0μF の場合の試験回路構成における各試験条件の試験結果を、表 5 に示す。
- ② 変電所側および需要家側の対地静電容量を変化させた検証試験の結果、理論値に近い微地絡電流が流れて正しく動作(警報)することが検証された。

管理番号	要素 2022 00003-01
------	------------------

(3) フィールド試験

現在、保守管理を受託している需要設備 19 箇所に設置してフィールド試験を行っている。図 7 に計測された零相電流の推移の一例を示す。全ての設備において、微地絡および絶縁低下の警報閾値レベルまでの微地絡電流は発生していない。

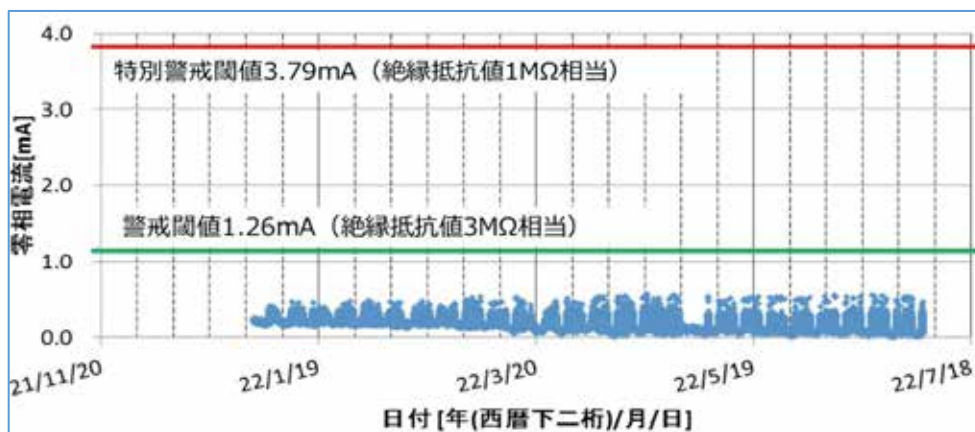


図 7 フィールド試験における微地絡電流の推移

3. 常時監視の運用方法（サービス機能）

絶縁状態の常時監視により検出した警報をお客さまサーバへの伝送やスマートフォンなどへショートメッセージ(SMS)にて通知する機能があり、速やかな前兆現象の把握と対応が可能となる。



4. 今後の予定


- (1) フィールド試験を拡大および継続するとともに、フィールド試験での課題である微地絡検出の方向判定機能搭載に向け、実証中である。
- (2) AI を活用したデータのトレンド管理により、絶縁劣化に係るトラブルの予測や事故の発生が想定される電気設備の特定等について研究開発を実施中である。

開発者名称	一般財団法人関東電気保安協会、株式会社三英社製作所
連絡先等 (担当者、組織名、 住所、電話番号)	一般財団法人関東電気保安協会 総合技術センター 担当者：小野 賢司 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-13-23 MS 芝浦ビル 7 階 TEL：03-6453-8888 E-mail：kenji-ono@kdh.or.jp

管理番号 要素 2022 00003-01

別添:詳細仕様書・写真

共通仕様項目			
開閉器 適用規格 JIS-C4607「引外し形高圧交流負荷開閉器」			
定格電圧	7.2kV	定格周波数	50Hz
定格電流	300A ※	操作方法	手動式
定格耐電圧	60kV		
※ SH431 400A タイプも有ります (UGS のみ)			
制御装置 適用規格 JIS-C4601「高圧受電用地絡継電装置」 適用規格 JIS-C4609「高圧受電用地絡方向継電装置」			
定格制御電圧	AC100V (変動範囲 AC85 ~ 110V)	制御電源表示	LED (緑)
定格周波数	50Hz	動作表示	
地絡動作零相電流整定値	0.2-0.4-0.6-0.8-1.0 (A) 5 段切替	(地絡、過電流)	マグサイン (橙) 手動復帰
地絡動作零相電圧整定値	完全地絡時の 5% 固定	(自己診断)	LED (赤) 自動復帰
地絡動作時間整定値	0.2-0.4-0.6 (秒) 3 段切替		I ₀ , V ₀ , OC、トリップ (誤設定防止)点滅
地絡動作位相範囲	進み 135° ~ 遅れ 45°	動作表示	
ロック電流値	650A (動作範囲 450A 以上 650A 以下)	外部警報接点容量	AC100V 7A, DC100V 0.4A
試験方法	手動方式および自己診断方式	質量	3kg
制御電源用変圧器部仕様			
定格電圧	一次側 6.6kV/二次側 105V	定格耐電圧	60kV
定格周波数	50Hz		
絶縁監視部仕様			
微地絡検出レベル	15mA	特別警戒閾値	3.79mA (同1MΩ相当)
警戒閾値	1.26mA (絶縁抵抗値3MΩ相当)		

 <p>537</p> <p>268</p> <p>smart UGS SH304-RM645</p>	 <p>560</p> <p>240</p> <p>smart UAS SB089-RM656</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ガス絶縁方式を採用し20年以上の販売実績から得られたノウハウを凝縮した高い安全性と信頼性 ・小型軽量で取付作業が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・気中絶縁方式を採用したクリーンな開閉器 ・既設UGSやモールドジスコンの交換に最適 (モールド母線対応品) ・小型軽量で取付作業が容易